

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-54934

(43)公開日 平成10年(1998)2月24日

(51)Int. Cl.
G02B 13/04

識別記号 庁内整理番号

F I
G02B 13/04

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全17頁)

(21)出願番号 特願平8-227371

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

(22)出願日 平成8年(1996)8月12日

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 高田 勝啓

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

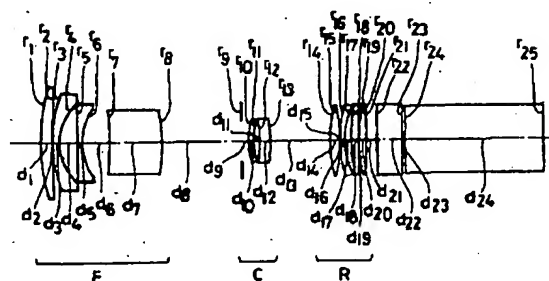
(74)代理人 弁理士 向 寛二

(54)【発明の名称】 バックフォーカスの長い広角レンズ

(57)【要約】

【目的】 本発明は、レンズ系と像面との間にローパスフィルター、赤外カットフィルター、色分解光学系、光路分岐部材等を挿入し得る長いバックフォーカスを有し、又極めて高い光学性能を有する小型な広角レンズを提供することを目的とする。

【構成】 本発明の広角レンズは、複数のレンズ群からなり、最も物体側の負の前群と、最も像側の正の後群よりなり、前群が少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と2枚の負レンズからなる第2レンズ群とにて少なくとも構成され後群が少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と少なくとも1枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなり、前群、後群の屈折力や前群と後群の主点間隔等を適切に定めることにより目的を達成し得るようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のレンズ群からなり、最も物体側の前群が、全体として負の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも第1レンズ群と第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群は、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側から順に、少なくとも2枚の負レンズからなり、また最も像側の後群は、全体として正の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも1枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなり、下記条件(1)、(2)、(3)、(4)を満足することを特徴とする、バックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(1) \quad 0.10 < |f/f_r| < 1.00$$

$$(2) \quad 2.00 < |e/f| < 9.00$$

$$(3) \quad 0.20 < |f/f_r| < 1.20$$

$$(4) \quad 0.20 < |f/f_r| < 0.90$$

ただし f_r 、 f はそれぞれ前群および後群の焦点距離であり、 e は前群と後群の主点間隔、 f_r は前群の第2レンズ群の焦点距離、 f はレンズ全系の焦点距離である。

【請求項2】複数のレンズ群からなり、最も物体側の前群が、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも2枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなり、また最も像側の後群が全体として正の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも1枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正

レンズからなる第3レンズ群からなり、下記条件(1)、(2)、(3)、(5)を満足することを特徴とする、バックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(1) \quad 0.10 < |f/f_r| < 1.00$$

$$(2) \quad 2.00 < |e/f| < 9.00$$

$$(3) \quad 0.20 < |f/f_r| < 1.20$$

$$(5) \quad 0.00 < |f/f_r| < 0.24$$

ただし f_r 、 f はそれぞれ前群および後群の焦点距離であり、 e は前群と後群の主点間隔、 f_r は前群の第2レンズ群の焦点距離、 f はレンズ全系の焦点距離である。

【請求項3】条件(4)を満足することを特徴とする、請求項2のバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(4) \quad 0.20 < |f/f_r| < 0.90$$

ただし、 f_r は前群の第2レンズ群の焦点距離である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画角が50°以上、Fナンバーが2.8乃至4.0程度と明るく、撮像

管や固体撮像素子などを用いた、いわゆる電子カメラやビデオカメラなどに最適な、バックフォーカスが長い広角レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に撮像管や固体撮像素子などを用いた、いわゆる電子カメラやビデオカメラなどでは、レンズと撮像面との間に、ローパスフィルターや赤外カットフィルターなどの光学部材を挿入する必要がある、そのためこれらカメラに用いるレンズ系は、焦点距離に比較して長いバックフォーカスが必要となる。

【0003】とりわけカラー画像の画質を向上させる目的で、RGB3色を複数の撮像素子で撮影するために、いわゆる色分解光学系を用いる撮像装置や、撮影光学系から光路を分岐し、接眼光学系を介して像を観察する光学ファインダーもしくは接眼光学系を有する撮像装置では、上記光学部材の他に、光路分割のためのミラーやプリズムなどの光学部材を挿入する必要がある、そのレンズ系は、さらに長いバックフォーカスを必要とする。

【0004】このような光路分割のためのミラーやプリズムなどの光学部材を挿入することが可能な、長いバックフォーカスを有する画角が50°以上の広角レンズとしては、例えば特開昭63-149618号公報や特開昭64-61714号公報、特開平4-118612号公報に記載されているレンズ系が知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年の製造技術の発展により、電子カメラやビデオカメラに用いられる撮像素子は、撮像管から固体撮像素子へと主力を移し、また固体撮像素子も、その大きさに比較して、ピクセル数の非常に多い素子が利用できるようになってきた。そのため従来は銀塩カメラと比較して画質が劣るなどの理由で用いられていなかった印刷向けとしても利用できるようになってきた。しかしこれらの用途に用いる撮像素子には、ハイビジョンなどの高精細テレビの規格に対しても、同等もしくはさらに多くのピクセル数が必要であり、近年の製造技術をもってしても小型の撮像素子を製造することは困難である。そのため各ピクセルの大きさは変えずに、全体の大きさを大きくすることにより、多くのピクセルを配列した撮像素子およびそれを用いた電子カメラが開発されている。

【0006】ところが大きな撮像素子では、同じ面積のウエハから製造できる撮像素子の数が少なくなるため、製造原価が高くなる問題があるため、配列するピクセルの大きさを小さくし、小型の撮像素子で多くのピクセルを配列した撮像素子を開発することによって、小型化と低コスト化を同時に達成しようとする強い要求がある。

【0007】しかし配列するピクセルの大きさを小さくすることは、いわゆるナイキスト周波数が高くなるため、撮影レンズには、極めて高い光学性能が要求される。

【0008】一方高画質な映像になるほど色再現や色モアレなどの色に関する問題が顕著になるため、一枚の撮像素子の上に色フィルターをモザイク状やストライプ状などに配列した撮像素子を用いる、いわゆる単板式カメラよりも、RGB三原色を三枚の撮像素子で撮影する、いわゆる三板式カメラに代表される多板式カメラが望まれる傾向にある。また電子ビューファインダーでは解像感が不足したり、ボケ像の観察が困難になるなどの不満があり、そのため銀塩カメラのように光学ファインダーに対する要望がある。

【0009】そのため撮影レンズと撮像素子の間に、ローパスフィルターや赤外カットフィルターなどの光学部材に加えて、いわゆる色分解光学系や、撮影光学系からファインダー光学系への光路分岐用部材を挿入する必要が生じ、さらに長いバックフォーカスが必要になる。

【0010】このような焦点距離の大きさに比較して長いバックフォーカスを確保するためには、レンズ系をレトロフォーカスタイプのレンズ構成とせざるを得ず、そのため絞りに対して負正の非対称な屈折力配置になるため、歪曲収差や非点収差などの軸外収差の補正が困難になり、また負の前群により、軸上光束は発散光束となるため、正の後群において球面収差の発生が大きく、明るいレンズ系にすることが困難である。

【0011】とりわけ撮影画角の広い広角レンズになるほど、焦点距離に対するバックフォーカスの長さの比率が大きくなり、負正それぞれ屈折力を強くするか、もしくは負のレンズ群と正のレンズ群の間隔を広げることが要求される。

【0012】前者の方法では、さらに諸収差の悪化が激しくなるため、高い光学性能を保つことが困難となり、また後者の方法ではレンズ系が大型化する問題が生じる。そのため、比較的小型で、しかも長いバックフォーカスを確保し、高い光学性能を有する光学系を達成するためには、負正の屈折力配分と、それらの主点間隔を適切に配置することが必要になる。

【0013】このような状況に鑑み従来技術を眺めると、特開昭63-149618号公報や特開昭64-91714号公報に記載されているレンズ系では、球面収差の補正や非点収差の補正が十分とは言えず、特開平4-118612号公報に記載されているレンズ系は、非常に高い光学性能を達成しているものの、レンズ構成枚数が極めて多く、そのため焦点距離に比較して、レンズ系が大きく、前述の、撮像素子を小さく保つことによって、装置全体の小型化を達成しようとする目的に反する。

【0014】本発明は、画角が 50° 乃至 75° 程度、Fナンバーが2.8乃至4.0程度と明るく、レンズ系と撮像素子の間に、ローパスフィルターや赤外カットフィルター、さらに色分解光学系やファインダー、AF、AEのための光路分岐用部材などの各種光学部材を挿入

し得る、長いバックフォーカスを有し、小型で多くのピクセルを配列した撮像素子を用いた電子カメラやビデオカメラなどに最適な、極めて高い光学性能を有する、比較的小型な広角レンズを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明のレンズ系は、複数のレンズ群からなり、最も物体側の前群が全体として負の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも第1レンズ群と第2レンズ群とから構成され、第1レンズ群が物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなり、第2レンズ群は、物体側から順に、少なくとも2枚の負レンズからなり、また最も像側の後群は、全体として正の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも1枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなることを特徴とし、さらに以下の条件を満足することを特徴としている。

【0016】

- (1) $0.10 < |f/f_r| < 1.00$
- (2) $2.00 < |e/f| < 9.00$
- (3) $0.20 < |f/f_v| < 1.20$
- (4) $0.20 < |f/f_{r2}| < 0.90$

ただし f_r 、 f_v はそれぞれ前群と後群の焦点距離、 e は前群と後群の主点間隔、 f_{r2} は前群の第2レンズ群の焦点距離、 f はレンズ全系の焦点距離である。

【0017】また本発明の別のレンズ系は、複数のレンズ群からなり、最も物体側の前群は、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも2枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなり、また最も像側の後群は、全体として正の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群からなり、上記の条件(1)乃至(3)と、以下の条件(5)を満足することを特徴としている。

【0018】

- (5) $0.00 < |f/f_{r3}| < 0.24$
- ただし f_{r3} は前群の第3レンズ群の焦点距離である。

【0019】色分解プリズムなどの色分解光学系を用いる場合、光の効率的な利用のために、光の透過する波長スペクトルをコントロールするダイクロイック膜を用いて、色分解を行うことが一般的であるが、ダイクロイック膜は、膜に入射する光の傾きに応じて透過する波長スペクトルが異なるため、画面内で均一な色分解を得るためには、画面内の任意の場所で、色分解光学系に入射する光束の傾きや拡がりや略等しいことが望ましい。すなわち軸外主光線が光軸と同じ角度で色分解光学系に入射し、軸外光束は主光線に対して回転対称な拡がりを持った光束であることが望ましい。そのため撮影レンズの射

出瞳位置は、略無限遠もしくは適度な遠方にすることが望ましい。

【0020】レトロフォーカスタイプのレンズ系において、射出瞳位置を略無限遠もしくは適度な遠方に位置せしめるためには、後群の正の屈折力を適度に強めることが必要である。

【0021】一方本発明のレンズ系は、例えば図19乃至図21に示したように、撮影レンズと撮像素子の間に、複数の撮像素子に光路を分岐する、例えば色分解光学系や、ファインダーや接眼光学系に光路を分岐するミラーやプリズム等の光学部材や、AE、AFなど制御のために必要な光学情報を得るための光路分岐光学部材などを挿入できる長いバックフォーカスを確保することを目的の一つにしている。そこでレトロフォーカスタイプの構成で、レンズ全長を大きくすることなく、バックフォーカスを長くするための条件を考慮すると、簡単な近軸関係式から、前群の負の屈折力および後群の正の屈折力を強めるか、前群と後群の主点間隔を広くする必要がある。

【0022】しかし前述のように、レトロフォーカスタイプのレンズ系は、絞りに対して負正の非対称な屈折力配置になるため、歪曲収差や非点収差などの軸外収差の補正が困難になり、また負の前群により、軸上光束が発散光束になるため、正の後群の屈折力が強いと、後群で発生する球面収差が大になり補正することが困難になる。

【0023】この傾向は負正の屈折力を強くするほど著しくなり、特に前群で発生する負の歪曲収差と、後群で発生する負の球面収差の補正が困難になる。

【0024】本発明のレンズ系は、これらの諸収差を良好に補正し、かつ長いバックフォーカスの確保や、射出瞳位置を略無限遠もしくは適度な遠方に位置せしめるために、前群と後群の屈折力の大きさとそれらの主点間隔を上記の条件(1)、(2)、(3)を満足するようにした。

【0025】条件(1)の上限値の1.00を越えて $|f/f_r|$ が大きな値をとると、前群の負の屈折力が強くなるため、負の歪曲収差の発生が大きくなるとともに、相対的に後群の正の屈折力が不足し、射出瞳位置を略無限遠もしくは適度な遠方に位置せしめることが困難になる。またレンズ全系に必要な屈折力を確保するために、前群と後群の間隔を開けなければならない、レンズ系の大化を招き好ましくない。また下限値の0.10を越えて $|f/f_r|$ が小さな値をとると、前群の屈折力が弱くなるため、バックフォーカスの確保が困難になる。

【0026】条件(2)の上限値の9.00を越えて $|c/f|$ が大きな値をとると、構成レンズの配列や形状を工夫しても、レンズ系の大化を招き好ましくなく、また下限値の2.00を越えて $|c/f|$ が小さな値をと

ると、必要なバックフォーカスを確保するためには、前群、後群の屈折力を強めなければならない、諸収差の悪化を招き好ましくない。

【0027】条件(3)の上限値の1.20を越えて $|f/f_r|$ が大きな値をとると、後群の正の屈折力が強くなりすぎ、バックフォーカスの確保が困難になるとともに、後群で発生する負の球面収差の補正が困難になる。また下限値の0.20を越えて $|f/f_r|$ が小さな値をとると、後群の正の屈折力が不足し、射出瞳位置を略無限遠もしくは適度な遠方に位置せしめることが困難になる。

【0028】これらの条件(1)乃至(3)が本発明のレトロフォーカスタイプの屈折力配置を決定する条件式であるが、前群と後群の間に比較的小さい屈折力を有するレンズ系を挿入し、諸収差の補正に寄与せしめれば、さらに光学性能の向上を図ることができることは言うまでもない。

【0029】そのため、本発明の広角レンズにおいて、前群で発生する負の歪曲収差の補正に着目すると、前群に正の屈折力を有するレンズを配置し、負レンズで発生する大きな負の歪曲収差を補正することが望ましい。しかし、正の屈折力を強くすると、条件(1)乃至(3)を満足せしめることが困難になるため、比較的小さい屈折力で大きな補正効果を得ることが重要である。そのためには前群での軸外主光線の高くなる、最も物体側に正の屈折力を配置し、正の歪曲収差を発生させるのが望ましい。

【0030】また前群の負レンズ群は、歪曲収差の発生を抑制するために必要とする負の屈折力を複数のレンズに屈折力を分担させることが望ましい。

【0031】従って前群は物体側から順に、少なくとも、正の屈折力を持つ第1レンズ群と、負の屈折力を持つ第2レンズ群からなり、第1レンズ群は少なくとも1枚の正レンズ、第2レンズ群は少なくとも2枚の負レンズにて構成することが望ましい。

【0032】歪曲収差の効果的な補正のためには、これらの屈折力の配分は前記の条件(4)を満足することが望ましい。

【0033】条件(4)の上限値を越えて $|f/f_r|$ が大きな値になると、前群の負の屈折力が強くなるため、負の歪曲収差の発生が大きくなり、それを補正するために前群の正の屈折力を強くすると前群と後群の補正バランスが崩れ、特に画面周辺でのメリディオン像面が大きく変動し好ましくない。また下限値を越えて $|f/f_r|$ が小さな値にすると前群の負の屈折力が弱くなるため、バックフォーカスの確保が困難になるとともに、負の像面湾曲が大きくなる。

【0034】一方特に非点収差や軸上色収差、倍率色収差に着目すると、最も物体側に前群の正の屈折力を集中させた場合、軸外収差への寄与が大きくなりすぎ、細か

い補正コントロールが困難になる。そのために比較的屈折力の弱い正レンズを前群の最も像側に配置すれば軸外収差と軸上収差の補正バランスを効果的に制御することが可能になる。

【0035】すなわち、前群は物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群、少なくとも2枚の負レンズからなる第2レンズ群と、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群から構成し、特に正の屈折力を用いた収差補正の自由度を増すことが望ましい。

【0036】このように収差補正の自由度を増やした場合には、前群の第2レンズ群の屈折力よりも、むしろ正の屈折力配分が重要になり、非点収差や軸上色収差、倍率色収差の効果的な補正のためには、特に第3レンズ群が以下の条件(5)を満足することが望ましい。

【0037】

$$(5) \quad 0.00 < |f/f_3| < 0.24$$

ただし f_3 は前群の第3レンズ群の焦点距離である。

【0038】条件(5)の上限値を越えて $|f/f_3|$ が大きな値になると、前群に必要な負の屈折力が弱くなるため、バックフォーカスの確保が困難になるとともに、負の像面湾曲が大きくなり好ましくない。また下限値を越えて $|f/f_3|$ が小さな値になると、画面周辺でのメリディオナル像面の変動が大きくなるとともに、軸上、倍率の色収差の補正が困難になる。

【0039】また後群で発生する球面収差の補正に着目すると、比較的物体側に正の屈折力を配置して、後群中の軸上光線高が高くなりすぎないようにすることが望ましい。しかし、物体側から正負の構成では、バックフォーカスを確保することが困難になり好ましくない。

【0040】そのため本発明では、後群を物体側から正負正のトリプレットタイプにした。

【0041】具体的には、後群を物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズからなる第1レンズ群、少なくとも1枚の負レンズからなる第2レンズ群、少なくとも1枚の正レンズからなる第3レンズ群で構成することが望ましい。

【0042】このとき、特に球面収差やコマ、画面周辺での非点収差の補正状態を良好に保つためには、後群の第2レンズ群を構成する負レンズのうち、少なくとも1枚の負レンズを以下の条件(6)を満足する形状にすることが望ましい。

【0043】

$$(6) \quad 0.00 < 1/SF_2 < 1.00$$

ただし SF_2 は後群の第2レンズ群を構成する負レンズのシェイピングファクターである。ここでシェイピングファクター SF は、レンズの物体側、像側の屈折面の曲率半径を、それぞれ r_o 、 r_i とするとき、 $SF = (r_o + r_i) / (r_o - r_i)$ にて与えられる値である。

【0044】条件(6)の上限値を越えて $1/SF_2$ が大きな値になると、像面湾曲が補正過剰となり、一方画面周辺でのメリディオナル像面が大きく負に湾曲するため、画面全域でフラットな像面を得ることが困難になり好ましくない。また下限値を越えて、 $1/SF_2$ が小さな値になると、球面収差、コマ、非点収差の補正効果が少なく、後群で大きな収差が残存するとともに、バックフォーカスの確保が困難になり好ましくない。

【0045】前群と後群の間に、中間群を配置する場合、この中間群は以下の条件(7)を満足することが望ましい。

$$【0046】(7) \quad |f/f_c| < 0.50$$

ただし f_c は中間群の焦点距離である。

【0047】条件(7)の上限値を越えて $|f/f_c|$ が大きな値になると、 f_c が正の場合は後群の屈折力を強めないとバックフォーカスの確保が困難になるので、歪曲収差の補正が困難となり、また f_c が負の場合は後群での軸上光線高が高くなりすぎ、球面収差の補正が困難になり好ましくない。

【0048】さらに後群が、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群から構成されている場合には、第3レンズ群と中間群の屈折力配分は以下の条件(8)を満足することが望ましい。

【0049】

$$(8) \quad -2.50 < f_3/f_c < 0.30$$

条件(8)の上限値を越えて $|f_3/f_c|$ が大きな値になると、レンズ系にしろめる正の屈折力が強くなりすぎ、バックフォーカスの確保が困難になる。また下限値を越えて f_3/f_c が小さな値になると逆にレンズ系にしろめる負の屈折力が強くなりすぎ、後群で発生する球面収差が大きくなり、明るいレンズ系とすることが困難となり好ましくない。

【0050】なお本発明のレンズ系を有効に活用するためには、以下の条件(9)もしくは(10)を満足せしめる光学系として用いるのが望ましい。

$$【0051】(9) \quad 50^\circ < 2\omega < 90^\circ$$

$$(10) \quad 2.00 < f_r/f$$

ただし ω はレンズ系の半画角、 f_r は空気換算のバックフォーカス、 f はレンズ全系の焦点距離である。

【0052】条件(9)の上限値を越えて 2ω が大になると、レンズ系の画角が大きくなりすぎ、画面周辺での軸外収差の補正が困難になり好ましくなく、また下限値を越えて 2ω が小さくなると、各レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、必要以上に長いバックフォーカスとなりレンズ系の大型化を招く。

【0053】条件(10)の下限値を越えて f_r/f が小になると、必要なバックフォーカスが短いため、本発明の構成ではレンズ系が必要以上に大型化し好ましくない。

【0054】さらに望ましくは上記の条件(1)の代わ

りに下記条件(1-1)を、もしくは上記の条件(2)の代わりに下記条件(2-1)を、もしくは上記の条件(3)の代わりに下記条件(3-1)を、もしくは上記の条件(4)の代わりに下記条件(4-1)を、もしくは上記の条件(5)の代わりに下記条件(5-1)を、もしくは上記の条件(6)の代わりに下記条件(6-1)を、もしくは上記の条件(7)の代わりに下記条件(7-1)を、もしくは上記の条件(8)の代わりに下記条件(8-1)を、もしくは上記の条件(9)の代わりに下記条件(9-1)を満足せしめることが望ましい。

【0055】

- (1-1) $0.10 < |f/f_r| < 0.60$
 (2-1) $4.00 < |e/f| < 7.00$
 (3-1) $0.30 < |f/f_r| < 0.70$
 (4-1) $0.40 < |f/f_{r2}| < 0.90$
 (5-1) $0.00 < |f/f_{r2}| < 0.22$
 (6-1) $0.00 < 1/SF_{r2} < 0.60$
 (7-1) $|f/f_r| < 0.30$
 (8-1) $-1.90 < f_{r2}/f_r < 0.10$
 (9-1) $55^\circ < 2\omega < 75^\circ$

$$f=20.054, F/2.80, 2\omega=58.989^\circ$$

$r_1 = 76.5476$	$d_1 = 4.5000$	$n_1 = 1.79196$	$\nu_1 = 47.38$
$r_2 = 311.6291$	$d_2 = 0.1500$		
$r_3 = 56.6914$	$d_3 = 2.5000$	$n_2 = 1.62032$	$\nu_2 = 63.38$
$r_4 = 21.9146$	$d_4 = 6.8983$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 2.0000$	$n_3 = 1.48915$	$\nu_3 = 70.20$
$r_6 = 25.1842$	$d_6 = 10.4102$		
$r_7 = -110.1060$	$d_7 = 20.8612$	$n_4 = 1.85504$	$\nu_4 = 23.78$
$r_8 = -63.0402$	$d_8 = 31.5626$		
$r_9 = \infty$ (絞り)	$d_9 = 3.0000$		
$r_{10} = 31.9682$	$d_{10} = 1.7997$	$n_5 = 1.85504$	$\nu_5 = 23.78$
$r_{11} = 28.1914$	$d_{11} = 2.3512$		
$r_{12} = -62.4412$	$d_{12} = 4.2000$	$n_6 = 1.62032$	$\nu_6 = 63.38$
$r_{13} = -48.7647$	$d_{13} = 23.6330$		
$r_{14} = 55.6826$	$d_{14} = 3.9452$	$n_7 = 1.48915$	$\nu_7 = 70.20$
$r_{15} = -66.8720$	$d_{15} = 0.1500$		
$r_{16} = 54.2110$	$d_{16} = 2.0000$	$n_8 = 1.85504$	$\nu_8 = 23.78$
$r_{17} = 33.9324$	$d_{17} = 2.1162$		
$r_{18} = 67.7674$	$d_{18} = 2.9993$	$n_9 = 1.48915$	$\nu_9 = 70.20$
$r_{19} = -9014.9062$	$d_{19} = 0.1500$		
$r_{20} = 60.5108$	$d_{20} = 2.9990$	$n_{10} = 1.48915$	$\nu_{10} = 70.20$
$r_{21} = -241.6628$	$d_{21} = 4.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 10.0000$	$n_{11} = 1.51825$	$\nu_{11} = 64.15$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.0000$		
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 55.0000$	$n_{12} = 1.58566$	$\nu_{12} = 46.33$
$r_{25} = \infty$			

$$|f/f_r| = 0.291, |e/f| = 6.031, |f/f_r| = 0.466$$

$$|f/f_{r2}| = 0.775, |f/f_{r2}| = 0.140, 1/SF_{r2} = 0.230$$

$$|f/f_r| = 0.007, f_{r2}/f_r = 0.050, f_e/f = 2.404$$

また上記条件(4-1)の代わりに下記の条件(4-2)を、もしくは上記条件(5-1)の代わりに下記の条件(5-2)を満足せしめるとなお良い。

【0056】

$$(4-2) \quad 0.60 < |f/f_{r2}| < 0.88$$

$$(5-2) \quad 0.08 < |f/f_{r2}| < 0.22$$

以上、本発明の広角レンズについて述べたが、この広角レンズに撮像素子を配置して撮像装置を構成し、又本発明の広角レンズが長いバックフォーカスを有すると云う特徴をいかして、レンズ系と撮像面との間にローパスフィルター等や色分解光学系やファインダー光学系へ光路を分岐するための光路分割ミラー等の光学部材を備えた撮像装置を構成し得る。

【0057】

【発明の実施の形態】次に本発明のバックフォーカスの長い広角レンズの実施の形態を各実施例にもとづき述べる。

【0058】本発明の広角レンズは、図1乃至図9に示す通りで下記のデータ等を有する。

実施例1

【0059】実施例2

 $f = 20.046, F/2.80, 2\omega = 59.009^\circ$

$r_1 = 77.6072$	$d_1 = 4.5000$	$n_1 = 1.77620$	$\nu_1 = 49.66$
$r_2 = 359.5799$	$d_2 = 0.1500$		
$r_3 = 60.9218$	$d_3 = 2.5000$	$n_2 = 1.49845$	$\nu_2 = 81.61$
$r_4 = 22.4742$	$d_4 = 7.3615$		
$r_5 = -1526.2271$	$d_5 = 2.0000$	$n_3 = 1.48915$	$\nu_3 = 70.20$
$r_6 = 24.4037$	$d_6 = 9.0821$		
$r_7 = -96.1448$	$d_7 = 23.3157$	$n_4 = 1.85504$	$\nu_4 = 23.78$
$r_8 = -63.6301$	$d_8 = 33.0630$		
$r_9 = \infty$ (絞り)	$d_9 = 3.0000$		
$r_{10} = 27.0592$	$d_{10} = 1.4994$	$n_5 = 1.85504$	$\nu_5 = 23.78$
$r_{11} = 24.0528$	$d_{11} = 25.1685$		
$r_{12} = 55.0220$	$d_{12} = 6.0375$	$n_6 = 1.48915$	$\nu_6 = 70.20$
$r_{13} = -56.8975$	$d_{13} = 0.1500$		
$r_{14} = 50.4206$	$d_{14} = 2.0000$	$n_7 = 1.85504$	$\nu_7 = 23.78$
$r_{15} = 32.8817$	$d_{15} = 2.2649$		
$r_{16} = 69.4440$	$d_{16} = 2.9994$	$n_8 = 1.48915$	$\nu_8 = 70.20$
$r_{17} = -270.7071$	$d_{17} = 0.1500$		
$r_{18} = 59.3540$	$d_{18} = 2.9992$	$n_9 = 1.48915$	$\nu_9 = 70.20$
$r_{19} = -374.4081$	$d_{19} = 4.0000$		
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 10.0000$	$n_{10} = 1.51825$	$\nu_{10} = 64.15$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 1.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 55.0000$	$n_{11} = 1.58566$	$\nu_{11} = 46.33$
$r_{23} = \infty$			

 $|f/f_F| = 0.274, |e/f| = 5.866, |f/f_R| = 0.513$
 $|f/f_{F2}| = 0.726, |f/f_{F3}| = 0.121, 1/\Sigma F_{F2} = 0.211$
 $|f/f_F| = 0.061, f_{F3}/f_F = -0.503, f_R/f = 2.405$

【0060】実施例3

 $f = 20.027, F/2.80, 2\omega = 59.038^\circ$

$r_1 = 75.8710$	$d_1 = 4.5000$	$n_1 = 1.77620$	$\nu_1 = 49.66$
$r_2 = 414.1886$	$d_2 = 0.1500$		
$r_3 = 60.4607$	$d_3 = 2.5000$	$n_2 = 1.49845$	$\nu_2 = 81.61$
$r_4 = 21.3842$	$d_4 = 8.4006$		
$r_5 = -264.3379$	$d_5 = 2.0000$	$n_3 = 1.49845$	$\nu_3 = 81.61$
$r_6 = 25.0130$	$d_6 = 8.5551$		
$r_7 = -100.5854$	$d_7 = 9.9973$	$n_4 = 1.85504$	$\nu_4 = 23.78$
$r_8 = -58.4351$	$d_8 = 31.7968$		
$r_9 = \infty$ (絞り)	$d_9 = 3.0000$		
$r_{10} = 24.4321$	$d_{10} = 1.5000$	$n_5 = 1.85504$	$\nu_5 = 23.78$
$r_{11} = 21.7939$	$d_{11} = 23.6907$		
$r_{12} = 64.6602$	$d_{12} = 5.4376$	$n_6 = 1.49845$	$\nu_6 = 81.61$
$r_{13} = -44.9550$	$d_{13} = 0.1500$		
$r_{14} = 44.4175$	$d_{14} = 2.0000$	$n_7 = 1.85504$	$\nu_7 = 23.78$
$r_{15} = 31.8447$	$d_{15} = 2.4783$		
$r_{16} = 76.4239$	$d_{16} = 3.0000$	$n_8 = 1.49845$	$\nu_8 = 81.61$
$r_{17} = -179.5417$	$d_{17} = 0.1500$		
$r_{18} = 47.7729$	$d_{18} = 3.0000$	$n_9 = 1.49845$	$\nu_9 = 81.61$
$r_{19} = 229.4646$	$d_{19} = 4.0000$		
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 10.0000$	$n_{10} = 1.51825$	$\nu_{10} = 64.15$

$$\begin{aligned}
 r_{21} &= \infty & d_{21} &= 1.0000 \\
 r_{22} &= \infty & d_{22} &= 50.0000 & n_{11} &= 1.58566 & \nu_{11} &= 46.33 \\
 r_{23} &= \infty \\
 |f/f_r| &= 0.338, |e/f| = 4.541, |f/f_v| = 0.554 \\
 |f/f_{r2}| &= 0.789, |f/f_{r1}| = 0.136, 1/SF_{v2} = 0.165 \\
 |f/f_v| &= 0.063, f_{r2}/f_v = -0.460, f_r/f = 2.303
 \end{aligned}$$

【0061】実施例4

$$\begin{aligned}
 f &= 20.030, F/2.80, 2\omega = 59.063^\circ \\
 r_1 &= 79.5689 & d_1 &= 4.5000 & n_1 &= 1.77620 & \nu_1 &= 49.66 \\
 r_2 &= 512.0170 & d_2 &= 0.1500 \\
 r_3 &= 56.2696 & d_3 &= 2.5000 & n_2 &= 1.49845 & \nu_2 &= 81.61 \\
 r_4 &= 22.3120 & d_4 &= 8.7823 \\
 r_5 &= -277.4376 & d_5 &= 2.0000 & n_3 &= 1.49845 & \nu_3 &= 81.61 \\
 r_6 &= 23.9217 & d_6 &= 26.1213 \\
 r_7 &= 404.8500 & d_7 &= 5.8065 & n_4 &= 1.85504 & \nu_4 &= 23.78 \\
 r_8 &= -105.4803 & d_8 &= 22.6165 \\
 r_9 &= \infty \text{ (絞り)} & d_9 &= 3.0000 \\
 r_{10} &= 30.3086 & d_{10} &= 1.5000 & n_5 &= 1.85504 & \nu_5 &= 23.78 \\
 r_{11} &= 20.7361 & d_{11} &= 16.8835 \\
 r_{12} &= 58.3630 & d_{12} &= 10.2330 & n_6 &= 1.49845 & \nu_6 &= 81.61 \\
 r_{13} &= -32.2241 & d_{13} &= 0.1500 \\
 r_{14} &= 26.7649 & d_{14} &= 2.0000 & n_7 &= 1.84281 & \nu_7 &= 21.00 \\
 r_{15} &= 22.7616 & d_{15} &= 2.4942 \\
 r_{16} &= 42.9278 & d_{16} &= 3.0000 & n_8 &= 1.43985 & \nu_8 &= 94.97 \\
 r_{17} &= -151.2969 & d_{17} &= 4.0000 \\
 r_{18} &= \infty & d_{18} &= 10.0000 & n_9 &= 1.51825 & \nu_9 &= 64.15 \\
 r_{19} &= \infty & d_{19} &= 1.0000 \\
 r_{20} &= \infty & d_{20} &= 50.0000 & n_{10} &= 1.58566 & \nu_{10} &= 46.33 \\
 r_{21} &= \infty \\
 |f/f_r| &= 0.177, |e/f| = 6.283, |f/f_v| = 0.617 \\
 |f/f_{r2}| &= 0.771, |f/f_{r1}| = 0.204, 1/SF_{v2} = 0.081 \\
 |f/f_v| &= 0.242, f_{r2}/f_v = -1.189, f_r/f = 2.326
 \end{aligned}$$

【0062】実施例5

$$\begin{aligned}
 f &= 20.029, F/2.80, 2\omega = 59.124^\circ \\
 r_1 &= 81.4330 & d_1 &= 4.5000 & n_1 &= 1.75844 & \nu_1 &= 52.33 \\
 r_2 &= 715.5101 & d_2 &= 0.1500 \\
 r_3 &= 48.1380 & d_3 &= 2.5000 & n_2 &= 1.49845 & \nu_2 &= 81.61 \\
 r_4 &= 22.4180 & d_4 &= 9.6403 \\
 r_5 &= -149.1877 & d_5 &= 2.0000 & n_3 &= 1.49845 & \nu_3 &= 81.61 \\
 r_6 &= 23.4581 & d_6 &= 7.2850 \\
 r_7 &= -80.8469 & d_7 &= 8.9667 & n_4 &= 1.85504 & \nu_4 &= 23.78 \\
 r_8 &= -54.6840 & d_8 &= 38.8157 \\
 r_9 &= \infty \text{ (絞り)} & d_9 &= 24.3614 \\
 r_{10} &= 978.7769 & d_{10} &= 2.9999 & n_5 &= 1.49845 & \nu_5 &= 81.61 \\
 r_{11} &= -52.1173 & d_{11} &= 0.1500 \\
 r_{12} &= 78.8864 & d_{12} &= 2.0000 & n_6 &= 1.84281 & \nu_6 &= 21.00 \\
 r_{13} &= 48.8088 & d_{13} &= 1.2979 \\
 r_{14} &= 93.5525 & d_{14} &= 3.0000 & n_7 &= 1.49845 & \nu_7 &= 81.61 \\
 r_{15} &= -92.3025 & d_{15} &= 0.1500 \\
 r_{16} &= 39.6441 & d_{16} &= 3.0000 & n_8 &= 1.49845 & \nu_8 &= 81.61
 \end{aligned}$$

15

16

$r_{11} = -2218.4328$ $d_{11} = 4.0000$
 $r_{12} = \infty$ $d_{12} = 10.0000$ $n_{12} = 1.51825$ $\nu_{12} = 64.15$
 $r_{13} = \infty$ $d_{13} = 1.0000$
 $r_{21} = \infty$ $d_{21} = 50.0000$ $n_{11} = 1.58566$ $\nu_{11} = 46.33$
 $r_{22} = \infty$
 $|f/f_F| = 0.356$, $|e/f| = 4.415$, $|f/f_F| = 0.527$
 $|f/f_{F2}| = 0.777$, $|f/f_{F3}| = 0.117$, $1/SF_{F2} = 0.236$
 $f_F/f = 2.375$

【0063】実施例6

$f = 16.240$, $F/3.50$, $2\omega = 69.980^\circ$
 $r_1 = 121.5839$ $d_1 = 4.5000$ $n_1 = 1.75844$ $\nu_1 = 52.33$
 $r_2 = 1537.9855$ $d_2 = 0.1500$
 $r_3 = 66.5913$ $d_3 = 2.5000$ $n_2 = 1.49845$ $\nu_2 = 81.61$
 $r_4 = 21.6511$ $d_4 = 10.1784$
 $r_5 = -759.7083$ $d_5 = 2.0000$ $n_3 = 1.49845$ $\nu_3 = 81.61$
 $r_6 = 24.6937$ $d_6 = 14.4760$
 $r_7 = -50.0276$ $d_7 = 4.0015$ $n_4 = 1.85504$ $\nu_4 = 23.78$
 $r_8 = -37.1094$ $d_8 = 38.3386$
 $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = 25.3973$
 $r_{10} = 453.2138$ $d_{10} = 2.9998$ $n_5 = 1.49845$ $\nu_5 = 81.61$
 $r_{11} = -72.1900$ $d_{11} = 0.1500$
 $r_{12} = 72.3262$ $d_{12} = 2.0000$ $n_6 = 1.84281$ $\nu_6 = 21.00$
 $r_{13} = 44.4304$ $d_{13} = 1.0557$
 $r_{14} = 68.5806$ $d_{14} = 3.0000$ $n_7 = 1.49845$ $\nu_7 = 81.61$
 $r_{15} = -85.4789$ $d_{15} = 0.1500$
 $r_{16} = 42.9907$ $d_{16} = 3.0000$ $n_8 = 1.49845$ $\nu_8 = 81.61$
 $r_{17} = -192.0692$ $d_{17} = 4.0000$
 $r_{18} = \infty$ $d_{18} = 10.0000$ $n_9 = 1.51825$ $\nu_9 = 64.15$
 $r_{19} = \infty$ $d_{19} = 1.0000$
 $r_{20} = \infty$ $d_{20} = 50.0000$ $n_{10} = 1.58566$ $\nu_{10} = 46.33$
 $r_{21} = \infty$
 $|f/f_F| = 0.314$, $|e/f| = 6.285$, $|f/f_F| = 0.442$
 $|f/f_{F2}| = 0.641$, $|f/f_{F3}| = 0.110$, $1/SF_{F2} = 0.239$
 $f_F/f = 2.763$

【0064】実施例7

$f = 20.024$, $F/2.80$, $2\omega = 59.080^\circ$
 $r_1 = 71.4009$ $d_1 = 4.5000$ $n_1 = 1.77620$ $\nu_1 = 49.66$
 $r_2 = 316.8362$ $d_2 = 0.1500$
 $r_3 = 54.3423$ $d_3 = 2.5000$ $n_2 = 1.49845$ $\nu_2 = 81.61$
 $r_4 = 21.3544$ $d_4 = 7.1670$
 $r_5 = 1356.5863$ $d_5 = 2.0000$ $n_3 = 1.49845$ $\nu_3 = 81.61$
 $r_6 = 22.5870$ $d_6 = 5.6050$
 $r_7 = -73.0569$ $d_7 = 11.0002$ $n_4 = 1.85504$ $\nu_4 = 23.78$
 $r_8 = -54.3359$ $d_8 = 30.6919$
 $r_9 = \infty$ (絞り) $d_9 = 24.8246$
 $r_{10} = -252.7095$ $d_{10} = 12.0000$ $n_5 = 1.49845$ $\nu_5 = 81.61$
 $r_{11} = -57.9351$ $d_{11} = 0.1500$
 $r_{12} = 104.1037$ $d_{12} = 2.6504$ $n_6 = 1.57098$ $\nu_6 = 71.30$
 $r_{13} = -110.5643$ $d_{13} = 0.1500$
 $r_{14} = 71.6328$ $d_{14} = 2.0000$ $n_7 = 1.84281$ $\nu_7 = 21.00$

$r_{12} = 44.1945$	$d_{12} = 1.5940$		
$r_{13} = 72.7959$	$d_{13} = 3.0000$	$n_s = 1.49845$	$\nu_s = 81.61$
$r_{14} = -309.0054$	$d_{14} = 0.1500$		
$r_{18} = 45.3923$	$d_{18} = 3.0000$	$n_t = 1.49845$	$\nu_t = 81.61$
$r_{19} = 208.7092$	$d_{19} = 4.0000$		
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 10.0000$	$n_{10} = 1.51825$	$\nu_{10} = 64.15$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 1.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 50.0000$	$n_{11} = 1.58566$	$\nu_{11} = 46.33$
$r_{23} = \infty$			
$ f/f_F = 0.354, e/f = 4.338, f/f_v = 0.534$			
$ f/f_{F2} = 0.755, f/f_{F3} = 0.103, 1/SF_{k2} = 0.237$			
$f_E/f = 2.581$			

【0065】実施例 8

$f = 20.060, F/2.80, 2\omega = 58.968^\circ$			
$r_1 = 106.1619$	$d_1 = 4.5000$	$n_1 = 1.53430$	$\nu_1 = 48.91$
$r_2 = -1140.3949$	$d_2 = 0.1500$		
$r_3 = 72.1021$	$d_3 = 2.5000$	$n_2 = 1.62032$	$\nu_2 = 63.38$
$r_4 = 23.7852$	$d_4 = 6.9357$		
$r_5 = 412.9256$	$d_5 = 2.0000$	$n_3 = 1.62032$	$\nu_3 = 63.38$
$r_6 = 39.4428$	$d_6 = 5.1651$		
$r_7 = -76.3209$	$d_7 = 3.0000$	$n_4 = 1.65222$	$\nu_4 = 33.80$
$r_8 = -47.5417$	$d_8 = 42.0127$		
$r_9 = \infty$ (絞り)	$d_9 = 3.0000$		
$r_{10} = -43.3881$	$d_{10} = 1.5000$	$n_5 = 1.83945$	$\nu_5 = 42.72$
$r_{11} = 39.1458$	$d_{11} = 0.9017$		
$r_{12} = 52.6631$	$d_{12} = 3.4992$	$n_6 = 1.80680$	$\nu_6 = 22.60$
$r_{13} = -57.2229$	$d_{13} = 25.5627$		
$r_{14} = 120.0329$	$d_{14} = 5.0000$	$n_7 = 1.43985$	$\nu_7 = 94.97$
$r_{15} = -39.2826$	$d_{15} = 0.1500$		
$r_{16} = 145.8666$	$d_{16} = 2.0000$	$n_8 = 1.85504$	$\nu_8 = 23.78$
$r_{17} = 45.7055$	$d_{17} = 2.2364$		
$r_{18} = 105.7713$	$d_{18} = 4.0000$	$n_9 = 1.49845$	$\nu_9 = 81.61$
$r_{19} = -104.8831$	$d_{19} = 0.1500$		
$r_{20} = 44.7189$	$d_{20} = 5.5000$	$n_{10} = 1.43985$	$\nu_{10} = 94.97$
$r_{21} = -117.5834$	$d_{21} = 2.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 27.7000$	$n_{11} = 1.51825$	$\nu_{11} = 64.15$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 4.0000$		
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 10.0000$	$n_{12} = 1.51825$	$\nu_{12} = 64.15$
$r_{25} = \infty$	$d_{25} = 1.0000$		
$r_{26} = \infty$	$d_{26} = 55.0000$	$n_{13} = 1.58566$	$\nu_{13} = 46.33$
$r_{27} = \infty$			
$ f/f_F = 0.383, e/f = 4.882, f/f_v = 0.491$			
$ f/f_{F2} = 0.665, f/f_{F3} = 0.108, 1/SF_{k2} = 0.523$			
$ f/f_{F4} = 0.190, f_{F1}/f = -1.759, f_v/f = 3.380$			

【0066】実施例 9

$f = 20.088, F/2.80, 2\omega = 58.955^\circ$			
$r_1 = 68.4257$	$d_1 = 4.5000$	$n_1 = 1.88814$	$\nu_1 = 40.78$
$r_2 = 307.6169$	$d_2 = 0.1500$		
$r_3 = 53.2841$	$d_3 = 2.5000$	$n_2 = 1.57098$	$\nu_2 = 71.30$
$r_4 = 23.9644$	$d_4 = 8.1916$		

$r_1 = -227.4556$	$d_1 = 2.0000$	$n_1 = 1.57098$	$\nu_1 = 71.30$
$r_2 = 28.3833$	$d_2 = 54.0844$		
$r_3 = \infty$ (絞リ)	$d_3 = 3.0000$		
$r_4 = 40.3544$	$d_4 = 3.4716$	$n_2 = 1.85504$	$\nu_2 = 23.78$
$r_5 = 34.4216$	$d_5 = 2.3392$		
$r_{11} = 253.4858$	$d_1 = 4.2000$	$n_2 = 1.75453$	$\nu_2 = 35.27$
$r_{11} = -86.2414$	$d_{11} = 30.0585$		
$r_{12} = 62.3180$	$d_{12} = 3.7222$	$n_2 = 1.48915$	$\nu_2 = 70.20$
$r_{13} = -67.8343$	$d_{13} = 0.1500$		
$r_{14} = 68.4877$	$d_{14} = 2.0000$	$n_2 = 1.85504$	$\nu_2 = 23.78$
$r_{15} = 36.7715$	$d_{15} = 1.9284$		
$r_{16} = 73.9221$	$d_{16} = 3.0000$	$n_2 = 1.43985$	$\nu_2 = 94.97$
$r_{17} = -266.2650$	$d_{17} = 0.1500$		
$r_{18} = 53.6274$	$d_{18} = 3.0000$	$n_2 = 1.43985$	$\nu_2 = 94.97$
$r_{19} = -1202.8184$	$d_{19} = 4.0000$		
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 10.0000$	$n_{10} = 1.51825$	$\nu_{10} = 64.15$
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 1.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 55.0000$	$n_{11} = 1.58566$	$\nu_{11} = 46.33$
$r_{23} = \infty$			
$ f/f_r = 0.531, e/f = 4.951, f/f_r = 0.402$			
$ f/f_{r2} = 0.831, 1/SF_{r2} = 0.301, f/f_r = 0.174$			
$f_r/f = 2.303$			

ただし r_1, r_2, \dots はレンズ各面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの肉厚およびレンズ間隔、 n_1, n_2, \dots は各レンズの e 線の屈折率、 ν_1, ν_2, \dots は各レンズの d 線のアッペ数である。

【0067】実施例 1 は条件 (9)、(10) を満足するレンズ仕様であり、構成は図 1 に示す通りであり、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群 F と、屈折力の弱い中間群 C と、全体として正の屈折力を有する後群 R からなる。又前群 F は物体側から順に、1 枚の正レンズからなる第 1 レンズ群と、2 枚の負レンズからなる第 2 レンズ群と、1 枚の正レンズからなる第 3 レンズ群から構成されており、中間群 C は物体側から順に、1 枚の像側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズから構成されており、後群 R は物体側から順に、1 枚の正レンズからなる第 1 レンズ群と、1 枚の負レンズからなる第 2 レンズ群と、2 枚の正レンズからなる第 3 レンズ群から構成されている。

【0068】前群と、後群は条件 (1) 乃至 (3) を満足するように配置され、中間群は条件 (7)、(8) を満足し、主として像面の平坦性を保つことに寄与している。

【0069】また前群の第 2 レンズ群は条件 (4) を、前群の第 3 レンズ群は条件 (5) を満足するように構成され、後群の第 2 レンズ群を構成する負レンズは条件 (6) を満足するような負メニスカスレンズである。

【0070】前述のように、前群では第 1 レンズ群に正の屈折力を配置することによって、前群で発生する火

な負の歪曲収差を補正し、後群は物体側から正負正のトリプレットタイプと同様の屈折力配分になっており、後群の第 1 レンズ群において、前群で発散光束となった軸上光線高を下げる作用を有し、後群の第 2 レンズ群では、後群の第 1 レンズ群、第 3 レンズ群で発生するコマや非点収差の補正を行い、後群の第 3 レンズ群で射出瞳位置を略無限遠もしくは適度な遠方に位置せしめる作用を有する。

【0071】レンズ系より像側の各平板ガラスは、ローパスフィルターや赤外カットフィルター、色分解プリズムもしくは光路分割プリズム、トリミングフィルターなどを表している。

【0072】実施例 1 の収差状況は図 10 に示す通りである。この図から明らかなように、この実施例 1 はレンズと撮像素子の間に、ローパスフィルターや赤外カットフィルター、色分解プリズムもしくは光路分割プリズムなどの光学部材を挿入するための十分長いバックフォーカスを有し、かつ、小さなピクセルを配列した撮像素子を用いるために十分な高い光学性能を有している。

【0073】実施例 2 は図 2 に示すレンズ構成であり、実施例 1 と比較し、第 2 レンズ群が像側に凹面を向けた弱い屈折力のメニスカスレンズで構成されている点を異にしている。

【0074】実施例 2 の収差状況は図 11 に示す通りである。

【0075】実施例 3 は図 3 に示すレンズ構成であり、実施例 2 と同様の構成であるが、第 2 実施例と比較して、バックフォーカスをやや短く設定している。そのた

め前群、後群ともに屈折力を弱めることができ、さらに前群と後群の主点間隔を短くすることによってレンズ系の小型化を達成した実施例である。

【0076】実施例3の収差状況は図12に示す通りである。

【0077】実施例4は図4に示すレンズ構成で、実施例3と比較し、後群Rが物体側から順に、1枚の正レンズと、1枚の負レンズと、1枚の正レンズから構成されている点を異にしている。そこで収差補正能力を高めるために、前群Fの第3レンズ群の屈折力を強めているが、前群の第2レンズ群と第3レンズ群との間隔を広げることによって、前群と中間群の主点間隔を広げ、前群の負の屈折力の低下を補っている。

【0078】実施例4の収差状況は図13に示す通りであり、実施例3と比較して、画面周辺でのメリディオナル像面がやや悪化しているものの、高い光学性能を有していることが判る。

【0079】実施例5は図5に示すレンズ構成であり、実施例1乃至実施例4と異なり、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群Fと、全体として正の屈折力を有する後群Rからなり、前群および後群は、それぞれ実施例1の前群および後群と同様の構成としている。

【0080】実施例5の収差状況は図14に示す通りである。この図から明らかなように、実施例1と比較して、中間群がないために特に画面周辺でのサジタル像面とメリディオナル像面の乖離が見られるが、少ないレンズ枚数で高い光学性能を達成している。

【0081】実施例6は図6に示すレンズ構成であり、実施例5と比較して、前群と後群の主点間隔を広げることによって、約70°の撮影画角を達成しているが、前群、後群それぞれの屈折力をやや弱めることによって、広角化に伴う諸収差の悪化を少なくしている。

【0082】実施例6の収差状況は図15に示す通りで、図から明らかなように、実施例5と比較して、さらに画面周辺でのサジタル像面とメリディオナル像面の乖離が見られるが、少ない枚数で約70°と広い撮影画角を少ないレンズ枚数で達成することに成功していた例である。

【0083】実施例7は、図7に示すレンズ構成であり、実施例5と比較して、後群の第1レンズ群を2枚の正レンズで構成している点を異にしている。

【0084】実施例7の収差状況は図15に示す通りであり、レンズ構成枚数を1枚増やしたことで、実施例5と比較して良好な像面特性を示していることが判る。

【0085】実施例8は図8に示すレンズ構成であり、実施例1乃至実施例7と比較して、撮影レンズと撮像素子の間に光路分岐光学素子を複数配置できるような長いバックフォーカスを確保した例である。

【0086】実施例8の収差状況は図17に示す通りで

あり、焦点距離の大きさに比較して約3.4倍もの長いバックフォーカスを有しているにも関わらず、高い光学性能を有していることが判る。

【0087】実施例9は図9に示すレンズ構成であり、実施例1と比較して、後群Rが、物体側から順に1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、2枚の負レンズからなる第2レンズ群からなる点で異なっている。そのため前群Fと後群Rとの主点間隔が狭くなり、その分を前群Fと中間群Cの屈折力を強めることで補っている。

【0088】実施例9の収差状況は図18に示す通りであり、後群を構成するレンズ枚数が少ない点を、中間群の屈折力を強めて補正効果を高めることで高い光学性能を維持している。

【0089】なお実施例1乃至実施例9に対する収差状況は、無限遠物点に対する状況を示したが、これらの実施例のレンズ系を用いて近距離物点に対するフォーカシングを行う場合、レンズ系全体を繰り出す方式はもちろん、例えばレンズ系全体を繰り出しながら前群と後群の間隔を変化させるフローティング機構を採用するなどの方法により、無限遠物点から近距離物点に至るまで、広いフォーカシング範囲で高い光学性能を達成することができる。

【0090】また各実施例では光路分割をプリズムを用いることを想定しているが、ミラーなどのように空気中に反射面を設けて行う場合なども同様であることは言うまでもない。

【0091】以上述べた本発明のバックフォーカスの長い広角レンズは電子カメラやビデオカメラなどに最適なレンズ系であって、前記レンズ系を備えた撮像装置も、本発明を構成するものである。

【0092】図22は、本発明の撮像装置の実施の形態を示す図で、図19の光学系を備えたビデオカメラに用いた概略図である。この図において、11は本発明の広角レンズで、このレンズ系を通った光は、色分解プリズム12によりレッドR、グリーンG、ブルーB（又はシアン、マゼンタ、イエロー）に分解して夫々対応するCCD13にて受光する。又音声は、マイク14により受信し、この音声信号と前記の受光された映像にもとづく信号は、情報処理手段15にて処理されブラウン管等のモニター16にて再生され観察差18により観察される。又、映像と音声とは磁気テープ、磁気ディスク等の記録媒体17に記録される。この図22はビデオカメラであるが、本発明のレンズ系は、銀塩カメラ等に用いても良い。

【0093】本発明は、特許請求の範囲に記載するレンズ系の他、次の各項に記載する広角レンズも発明の目的を達成し得る。

【0094】(1) 特許請求の範囲の請求項1、2又は3に記載するレンズ系で、前記前群と前記後群との間に弱い屈折力を中間群を配置したことを特徴とするバック

フォーカスの長い広角レンズ。

【0095】(2) 特許請求の範囲の請求項 1、2 又は 3 あるいは前記の (1) の項に記載するレンズ系で、条件 (4) の代りに下記条件 (4-1) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(4-1) \quad 0.40 < |f/f_r| < 0.90$$

【0096】(3) 特許請求の範囲の請求項 2 又は 3 に記載するレンズ系で、条件 (5) の代りに下記条件 (5-1) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(5-1) \quad 0.00 < |f/f_r| < 0.22$$

【0097】(4) 特許請求の範囲の請求項 1、2 又は 3 あるいは前記の (1)、(2) 又は (3) の項に記載するレンズ系で、後群の第 2 レンズ群中の少なくとも一つの負レンズが下記条件 (6) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(6) \quad 0.00 < 1/SF_2 < 1.00$$

【0098】(5) 前記の (1)、(2)、(3) 又は (4) の項に記載するレンズ系で、中間群が下記条件 (7) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(7) \quad |f/f_r| < 0.50$$

【0099】(6) 前記の (1)、(2)、(3)、(4) 又は (5) に記載されたレンズ系で、下記条件 (8) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(8) \quad -2.50 < f_{r3}/f_r < 0.30$$

【0100】(7) 特許請求の範囲の請求項 1、2 又は 3 あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5) 又は (6) の項に記載するレンズ系で、下記条件 (9)、(10) を満足するバックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(9) \quad 50^\circ < 2\omega < 90^\circ$$

$$(10) \quad 2.00 < f_b/f$$

【0101】(8) 特許請求の範囲の請求項 1、2 又は 3 あるいは前記の (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6) 又は (7) に記載する広角レンズを備えた撮像装置。

【0102】

【発明の効果】本発明の広角レンズは、画角が 50° 以上であり、F ナンバーが 2.8~4.0 程度と明るく、又バックフォーカスが長くてローパスフィルターや赤外カットフィルターや色分解光学系やファインダー、A F、A E のための光路分岐用部材等の光学部材を配置し得るもので、小型で多くのピクセルを配列した撮像素子を用いた電子カメラやビデオカメラ等に最も適した、極めて高い光学性能を有するレンズ系である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 の断面図

【図 2】本発明の実施例 2 の断面図

【図 3】本発明の実施例 3 の断面図

【図 4】本発明の実施例 4 の断面図

【図 5】本発明の実施例 5 の断面図

【図 6】本発明の実施例 6 の断面図

【図 7】本発明の実施例 7 の断面図

【図 8】本発明の実施例 8 の断面図

【図 9】本発明の実施例 9 の断面図

【図 10】本発明の実施例 1 の収差曲線図

【図 11】本発明の実施例 2 の収差曲線図

【図 12】本発明の実施例 3 の収差曲線図

【図 13】本発明の実施例 4 の収差曲線図

【図 14】本発明の実施例 5 の収差曲線図

【図 15】本発明の実施例 6 の収差曲線図

【図 16】本発明の実施例 7 の収差曲線図

【図 17】本発明の実施例 8 の収差曲線図

【図 18】本発明の実施例 9 の収差曲線図

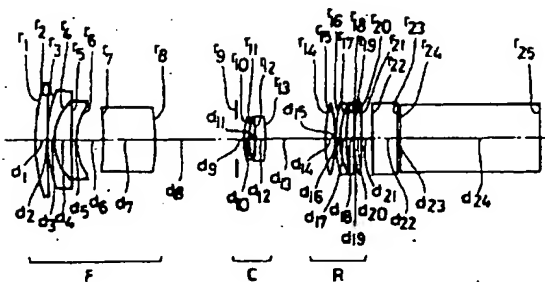
【図 19】本発明のレンズ系と撮像素子との間に色分解プリズムを挿入した例を示す図

【図 20】本発明のレンズ系と撮像素子との間にファインダーへの分岐プリズムを配置した例を示す図

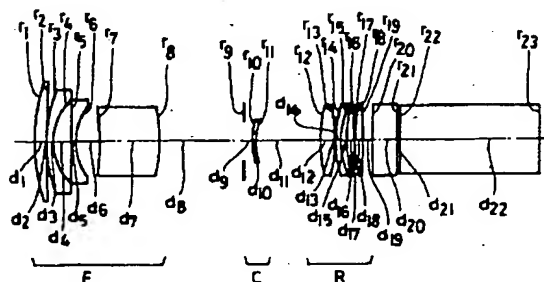
【図 21】本発明のレンズ系と撮像素子との間に色分解プリズムとファインダーへの分岐プリズムとを配置した例を示す図

【図 22】本発明の撮像装置の一例で、ビデオカメラの構成を示す概略図である。

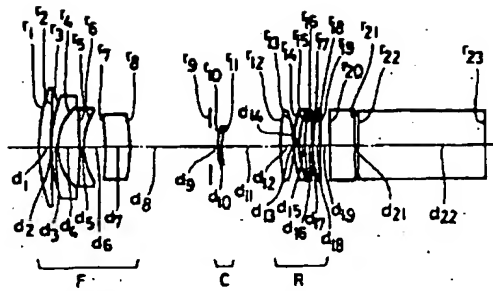
【図 1】



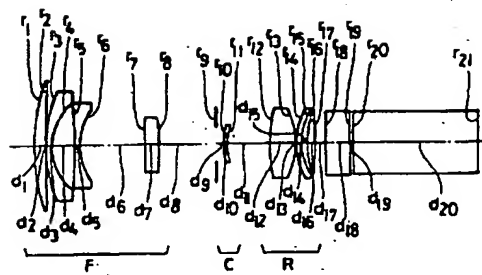
【図 2】



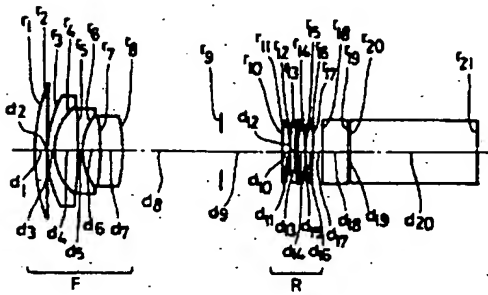
【図 3】



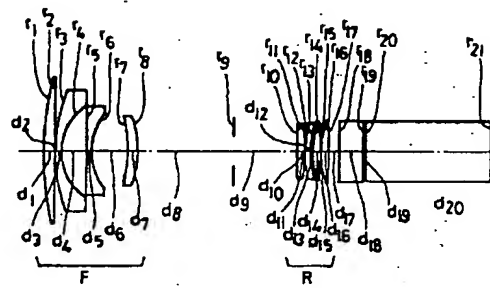
【図 4】



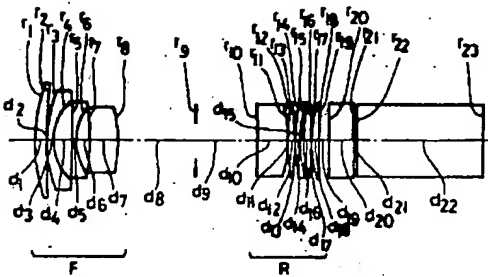
【図 5】



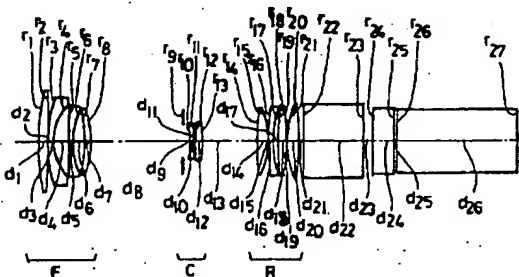
【図 6】



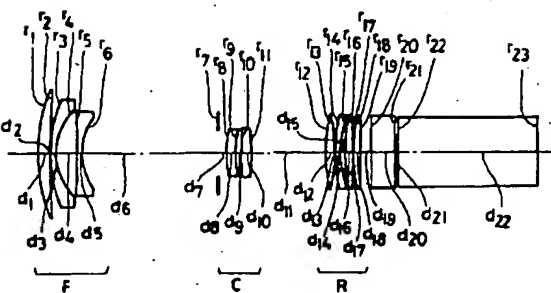
【図 7】



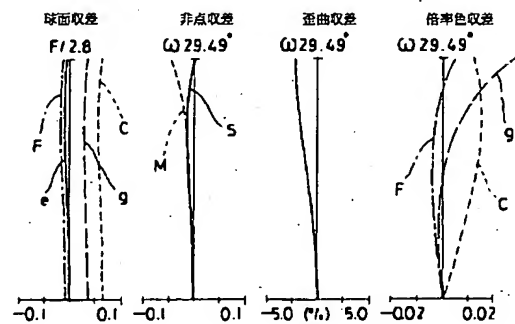
【図 8】



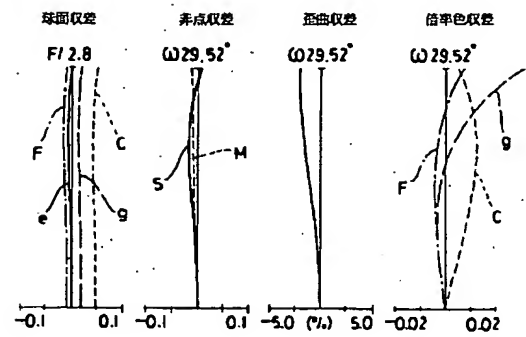
【図 9】



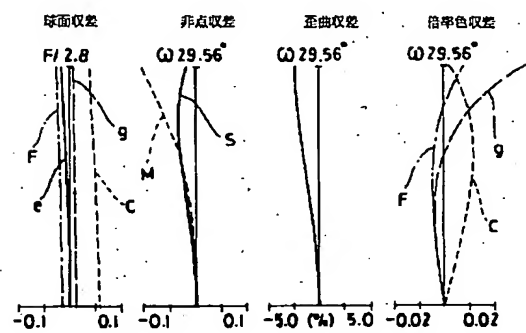
【図 10】



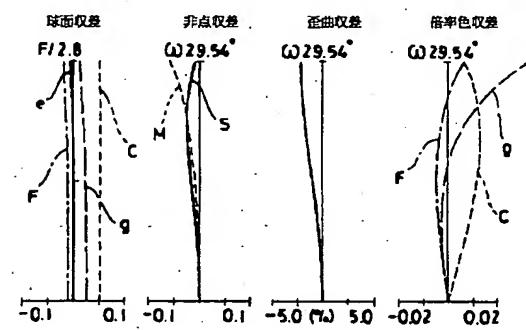
【圖 1 2】



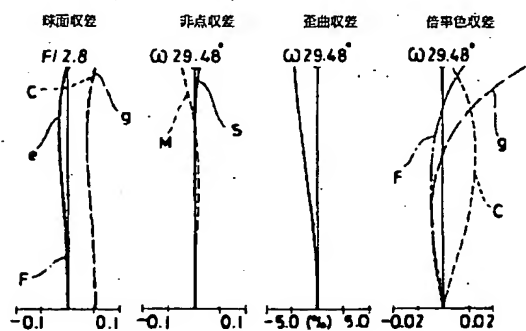
【図 14】



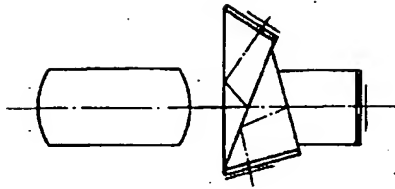
・【図 16】



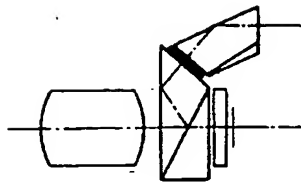
【圖 18】



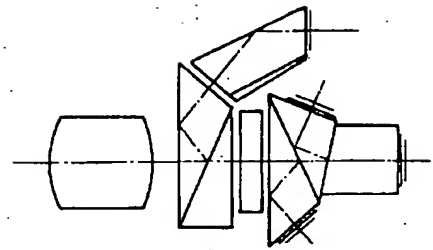
【図 19】



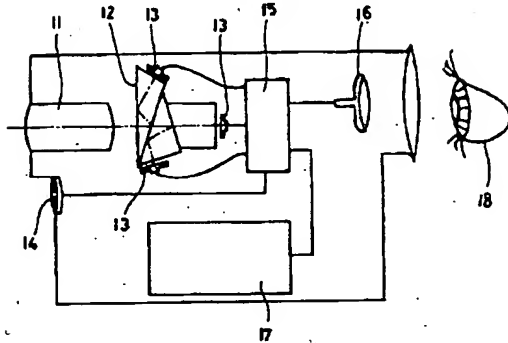
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 12 月 20 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 2】複数のレンズ群からなり、最も物体側の前群が、物体側から順に、少なくとも 1 枚の正レンズからなる第 1 レンズ群と、少なくとも 2 枚の負レンズからなる第 2 レンズ群と、少なくとも 1 枚の正レンズからなる第 3 レンズ群からなり、また最も像側の後群が全体として正の屈折力を有し、物体側から順に、少なくとも 1 枚の正レンズからなる第 1 レンズ群と、少なくとも 1 枚の負レンズからなる第 2 レンズ群と、少なくとも 1 枚の正レンズからなる第 3 レンズ群からなり、下記条件

(1)、(2)、(3)、(5) を満足することを特徴とする、バックフォーカスの長い広角レンズ。

$$(1) \quad 0.10 < |f/f_F| < 1.00$$

$$(2) \quad 2.00 < |c/f| < 9.00$$

$$(3) \quad 0.20 < |f/f_F| < 1.20$$

$$(5) \quad 0.00 < |f/f_F| < 0.24$$

ただし f_F 、 f_F' はそれぞれ前群および後群の焦点距離であり、 c は前群と後群の主点間隔、 f_F は前群の第 3 レンズ群の焦点距離、 f はレンズ全系の焦点距離で

ある。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】このような状況に鑑み従来技術を眺めると、特開昭 63-149618 号公報や特開昭 64-61714 号公報に記載されているレンズ系では、球面収差の補正や非点収差の補正が十分とは言えず、特開平 4-118612 号公報に記載されているレンズ系は、非常に高い光学性能を達成しているものの、レンズ構成枚数が極めて多く、そのため焦点距離に比較して、レンズ系が大きく、前述の、撮像素子を小さく保つことによって、装置全体の小型化を達成しようとする目的に反する。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】本発明の広角レンズにおいて、前群で発生する負の歪曲収差の補正に着目すると、前群に正の屈折力を有するレンズを配置し、負レンズで発生する大きな

負の歪曲収差を補正することが望ましい。しかし、正の屈折力を強くすると、条件(1)乃至(3)を満足せしめることが困難になるため、比較的小さな屈折力で大きな補正効果を得ることが重要である。そのためには前群での軸外主光線の高くなる、最も物体側に正の屈折力を配置し、正の歪曲収差を発生させるのが望ましい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正内容】

【0033】条件(4)の上限値を越えて $|f/f_1|$ が大きな値になると、前群の負の屈折力が強くなるため、負の歪曲収差の発生が大きくなり、それを補正するために第1レンズ群の正の屈折力を強くすると第1レンズ群と第2レンズ群の補正バランスが崩れ、特に画面周辺でのメリディオナル像面が大きく変動し好ましくない。また下限値を越えて $|f/f_1|$ が小さな値にすると前群の負の屈折力が弱くなるため、バックフォーカスの確保が困難になるとともに、負の像面湾曲が大きくなる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】さらに前群が、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群から構成されている場合には、第3レンズ群と中間群の屈折力配分は以下の条件(8)を満足することが望ましい。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】実施例2は図2に示すレンズ構成であり、実施例1と比較し、中間レンズ群Cが像側に凹面を向けた弱い屈折力のメニスカスレンズで構成されている点を異にしている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正内容】

【0087】実施例9は図9に示すレンズ構成であり、実施例1と比較して、前群Fが、物体側から順に1枚の正レンズからなる第1レンズ群と、2枚の負レンズからなる第2レンズ群からなる点で異なっている。そのため前群Fと後群Rとの主点間隔が狭くなり、その分を前群Fと中間群Cの屈折力を強めることで補っている。